

かみ合わせ鋼板巻立て工法による 制約条件下での耐震補強工事

野口恒久¹・小澤研一²・内田秀樹²・久保昌史¹

¹正会員 清水建設株式会社 土木技術本部 基盤技術部 (〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3)

²正会員 清水建設株式会社 土木東京支店 (〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3)

現在、一定の耐震性能を満たしていない道路橋橋脚や鉄道高架橋RC柱に対して耐震補強が実施されている。しかし、港湾や河川中の水中橋脚や鉄道駅部の狭あい箇所のRC柱等、施工上の制約を受ける構造物に対しては、耐震補強が遅れている場合もみられる。

本報では、これらの施工上の制約を受ける構造物に対して実施した「かみ合わせ鋼板巻立て工法」の特徴および実構造物に適用した施工事例を紹介する。

キーワード: 耐震補強, 鋼板巻立て工法, かみ合わせ継手, 水中施工, 狭あい箇所施工

1. はじめに

現在、道路橋橋脚や鉄道高架橋RC柱において、兵庫県南部地震レベルの大規模地震動に対して構造物を崩壊させないことを目的に、一定の耐震基準を満たしていない構造物に対して耐震補強が実施されている。しかし、港湾や河川内の水中橋脚や、鉄道駅内狭あい箇所の高架橋RC柱等、施工上の制約を受ける構造物に対しては、耐震補強が遅れている場合がみられる。

著者らは、これまでに機械式継手を用いた「かみ合わせ鋼板巻立て工法」により、これらの施工上の制約を受ける構造物に対して鋼板巻立て工法による耐震補強を実施した。

本報では、「かみ合わせ鋼板巻立て工法」の特徴および、河川内水中橋脚と鉄道駅内狭あい部RC柱に適用した施工事例を紹介する。

2. かみ合せ鋼板巻立て工法

「かみ合わせ鋼板巻立て工法」とは、既設部材に鋼板を巻立てて耐震補強する工法である。「かみ合わせ継手」とは、**図-1**に示すように鋼板の接合方法として開発された鋸刃状の機械式継手で、凹凸の歯形を組み合わせることで力を伝達させる構造であるため現場での溶接の必要がない。本工法は、予め工場で補強鋼板の接続縁に本継手を溶接した成形鋼板を用いることで、現場では機械的な接合のみで一体化

が可能となる。

一般的に使用する溶接継手に比べ以下の特徴を有する。

- ・雨天などの気象条件や溶接資格者の技能等に左右されず、品質確保が容易である。
- ・水中部の施工時に仮締切を必要としないことから、河積阻害率が小さい。
- ・現場溶接による補強鋼板のひずみが生じないことから大板による施工が可能となり、現場の工期短縮が可能である。
- ・補強鋼板を上下方向、断面方向に分割して鋼板重量を50~60kg程度にすることで、狭あい部でも人力による施工が可能となる。

本工法の施工実績を**表-1**に示す。

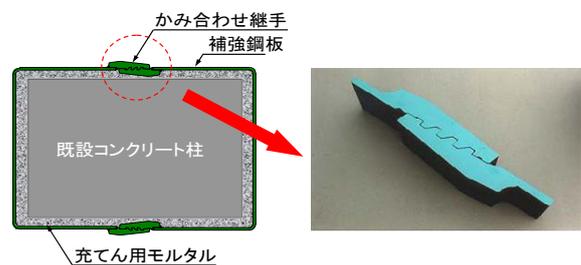


図-1 かみ合わせ継手概要

表-1 施工実績 (平成21年3月現在)

	工事実績 (件)	数量実績 (柱本数)
土木 (陸上)	461	24,522
土木 (水中)	34	298
建築	64	750
合計	559	25,570

3. 河川内橋脚での施工事例

(1) 工事概要

本工事は河川内に位置する鋼3径間ゲルバー式桁橋の橋脚が対象である。本橋は耐震照査の結果、橋脚のせん断耐力が不足している結果となったため耐震補強が必要となった。対象となる橋脚は旧レンガ柱(2本)を補強し、2柱を新たにオープンケーソン工法により増設後、頭部を横梁で連結した構造となっており、橋脚部は水中に位置する。工事概要を図-2に示す。

現地は渇水期最大水位が高く桁下(施工)空間が低い仮締切り施工が困難であった。また、本河川は、通航船舶が多く施工中の河積阻害をなるべく少なくする必要があった。

これらを克服する補強工法として、水中施工が可能な「かみ合わせ鋼板巻立て工法」が採用された。

(2) 主な仕様

耐震補強の仕様は鋼板巻立てである。また、工事は、仮締切りを行わず水中施工により行う。

補強範囲は、現況河床面から横梁下端までの4.5m区間であり、橋脚柱部に6mmの鋼板を巻き立て、脚柱と鋼板の隙間を水中不分離性モルタルで充てんする。

補強鋼板は、現地での水中施工による鋼板建込みの作業性を考慮して、断面方向に4分割し、閉合箇所にはかみ合わせ継手を取り付けた。また、補強鋼板の外側には補剛フレームを取り付けた。この部材は、鋼板運搬・建込み時の鋼板の変形防止、モルタル注入時のはらみ出し防止のために使用する仮設部材で鋼板巻立て後、撤去する。補強構造を図-3に示す。

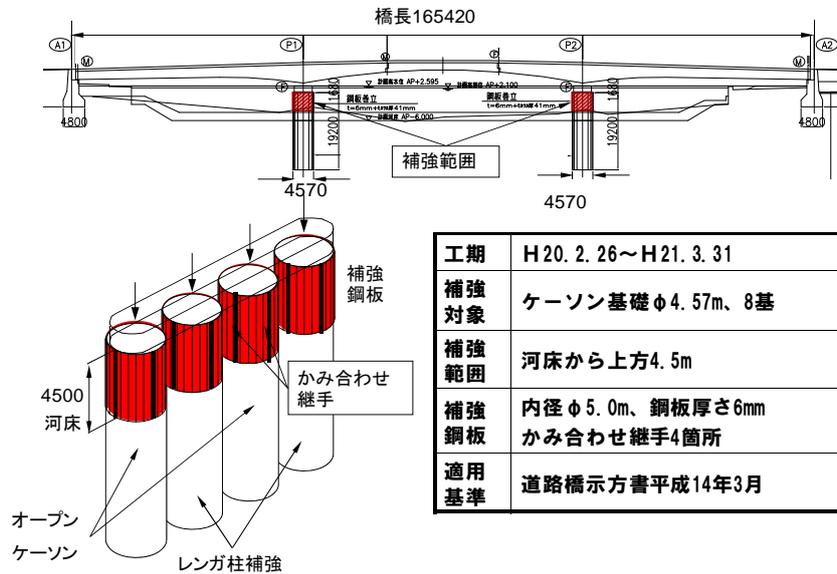


図-2 耐震補強工事の概要

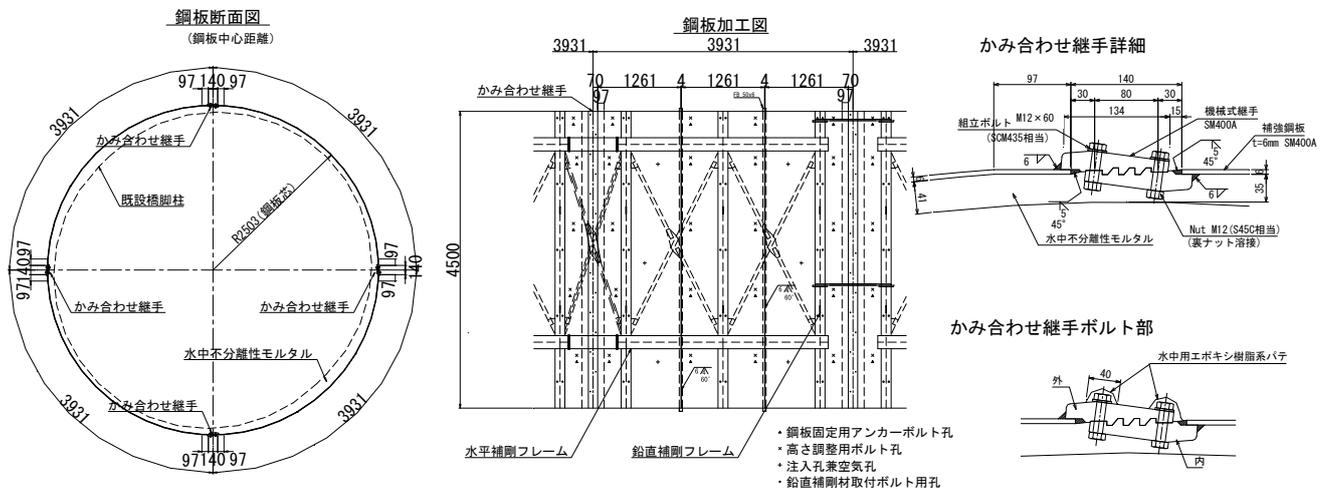


図-3 補強構造図

(3) 補強工事

a) 施工フロー

工事の主な工程は、現地で事前計測を行った後、工場で鋼板製作と鋼板仮組立てを行い、鋼板を現地に搬入し水中で建込み、水中不分離性モルタルを注入し仕上げとなる。

図-4に本工事の全体施工フローを示す。

b) 鋼板製作

補強鋼板は、現地計測により形状を決定後、工場にて、現場に運搬する分割鋼板の形状に合わせて曲げ加工・工場溶接を行い、補剛フレームを取り付けた(写真-1)。工場での事前の仮組立てにより組立て精度を確認し(写真-2)、補剛フレームを一時撤去し鋼板に重防食塗装を施した。防食塗装は、超厚膜形ライニング(ポリウレタン樹脂系)で塗り厚は2,000 μ m以上である。



写真-1 鋼板製作



写真-2 工場仮組立て

c) 鋼板建込み

補強鋼板は、台船上で4分割の鋼板を組み立てて2分割にし、水中での閉合箇所は2箇所とした。

鋼板の桁下への運搬は、桁下空間に制約があった

ため鋼板吊装置を艀装した専用台船を用いた(図-5)。また、橋脚上部には鋼板設置用吊装置を仮設した。

現地での鋼板建込み作業は、2分割した鋼板をクレーンで吊り上げ鋼板吊装置艀装台船にあずけ(写真-3)、艀装台船が橋脚まで移動し、橋脚上の鋼板吊装置に補強鋼板を吊り下げた(写真-4)。潜水夫によりチェンブロックで設置位置の調整を行い、レバーブロックによって鋼板を締め上げ、補強鋼板を閉合した。

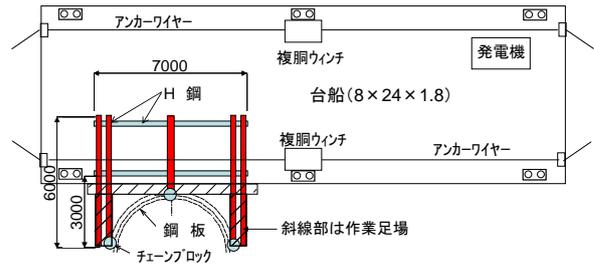


図-5 鋼板吊装置艀装台船



写真-3 鋼板の運搬



写真-4 台船から吊装置へ



図-4 全体施工フロー

d) 水中不分離性モルタル注入

橋脚躯体と鋼板の隙間の注入には水中不分離性モルタルを使用した。表-2 に配合，表-3 に試験項目と規格を示す。水中不分離性モルタルは，ベースのモルタルをプラントで製造，現地に運搬し，水中不分離性混和剤をアジテータ車に投入・かくはん後，注入した。

所定の品質を確保するために事前にプラントにて試験練りを行い性状を確認した。

表-2 水中不分離性モルタル配合 (単位 kg/m³)

W/C (%)	W	C	S	SP1 (C×%)	SP2 (C×%)	SP3
45.0	300	667	1,220	6.67 (1.00)	14.0 (2.10)	1.3
SP1: AE 減水剤		SP3: 水中不分離性混和剤				
SP2: 高性能 AE 減水剤						

表-3 水中不分離性無収縮モルタル品質規格値

項目	規格値	備考
フロー値	300±30(mm)	JIS R 5201 規定のフローコーン使用
ブリーディング率	1.0%以下	JSCE-F522-1999
圧縮強度	材齢 28 日 5.0N/mm ² 以上	作製方法: JSCE-F506-1999 (供試体寸法: φ5×10cm) 試験方法: JSCE-G541-1999

水中不分離性モルタルの注入は，プラントで製造したモルタルをアジテータ車で川岸まで運搬し，川岸に設置したピストン式コンクリートポンプ車から台船上の中継ポンプ（スクイズ式）を経由して行った。打込みは 2 回に分けた。まず鋼板下端から 30cm の高さまで注入し，その後 3 日間の養生期間をおき，上端までの 4.2m を注入した。

モルタルは，鋼板下端から 30cm に位置する注入孔から注入するためモルタル上面は常に水と接する状態となり品質の低下が懸念された。このため，規定高さより 5cm 嵩上げし，注入後に余盛部分をはつり撤去した。写真-5，写真-6 にモルタル注入時の状況を示す。また，写真-7，写真-8 にモルタルの嵩上げ処理状況を示す。



写真-5 品質管理試験



写真-6 中継台船



写真-7 モルタル嵩上げ



写真-8 嵩上げ部処理

e) 仕上げ

モルタル注入後は，養生後補剛フレームを撤去し仕上げ作業を行なった。

仕上げは，重防食塗装がなされていない鋼板端面やボルト頭部，上下面のモルタル面を水中硬化型エポキシパテを用いて被覆した。施工は潜水夫の手塗り（ウェットハンド法）により行った。その後，鋼板設置用吊装置の撤去，鋼板設置用吊装置台船撤去を行い橋脚耐震補強工事は完了した。

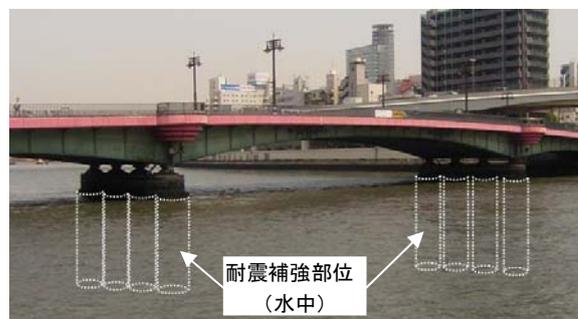


写真-9 耐震補強が完了した河川内橋脚

4. 鉄道駅高架橋RC柱で実施した施工事例

(1) 工事概要

耐震補強工事の対象は，鉄道駅部の高架橋の RC 柱 285 本（矩形 240 本，円形 45 本）である。高架下の空間は駅コンコースや事務所，店舗，倉庫等として利用されている。このうち 252 本については，施工空間が狭隘である，重機の使用が困難である，建物内柱は騒音・振動・火気使用が制限されている，事務所・店舗を一時閉鎖しての分割施工のため工期や資材搬入経路が限定されるといった制約条件があった。このため，標準工法である溶接による鋼板巻立て工法を全柱へ適用することは困難であり，他工法の適用を検討した。この結果，制約条件のある柱 252 本のうち 243 本については，「輪切り鋼板」を用いた「かみ合わせ鋼板巻立て工法」による耐震補強を実施した。図-6 に補強対象 RC 柱位置図を示す。また，数量内訳を表-4 に示す。

(2) 工法の概要および仕様

「輪切り鋼板」は、補強鋼板を上下方向 200～400mm・断面方向に 2～4 分割して鋼板 1 枚の重量を 50～60kg 程度にしたものである。このため、人力による鋼板の運搬・組立てが可能になり、重機が使用できない狭隘環境下での施工に効果を発揮する。補強鋼板には規格化されている平鋼を使用するため、鋼板製作期間が短縮できかつ、矩形・円形など様々な柱形状に適用が可能である。

また、輪切り鋼板に予め溶融亜鉛めっきによる防食を施すことで、臭気を伴う防食塗装が不要となり、コンコースや事務所、店舗直近での施工にも適している。

柱の周囲に組立てた後は、従来と同じように鋼板と躯体の隙間に充填材を注入して一体化する。図-7に工法概要図を示す。

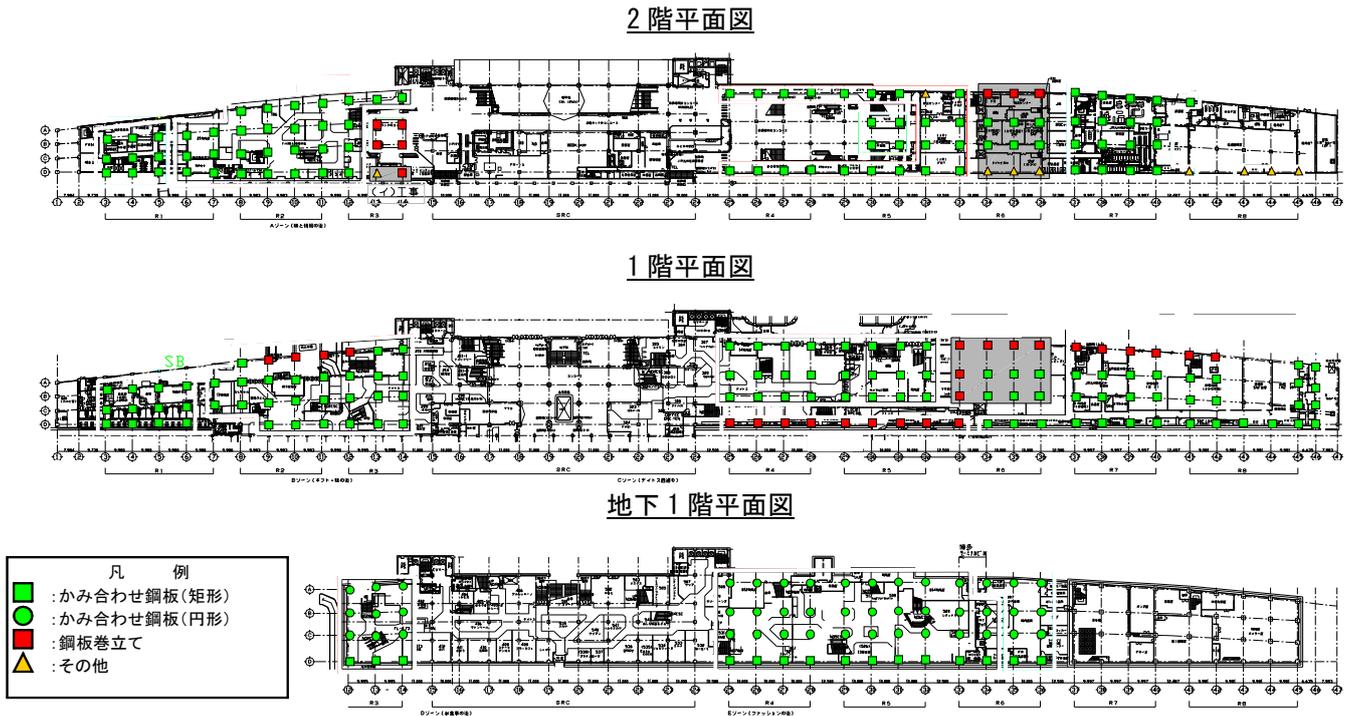


図-6 補強対象RC柱位置図

表-4 補強工法の数量内訳

工 法	数 量 (本)			
	矩形	円形	計	
鋼板巻立て工法 (溶接)	33		33	
かみ合わせ鋼板巻立て工法	塗装	12	0	12
	めっき	186	45	231
その他	9	0	9	
合 計	240	45	285	

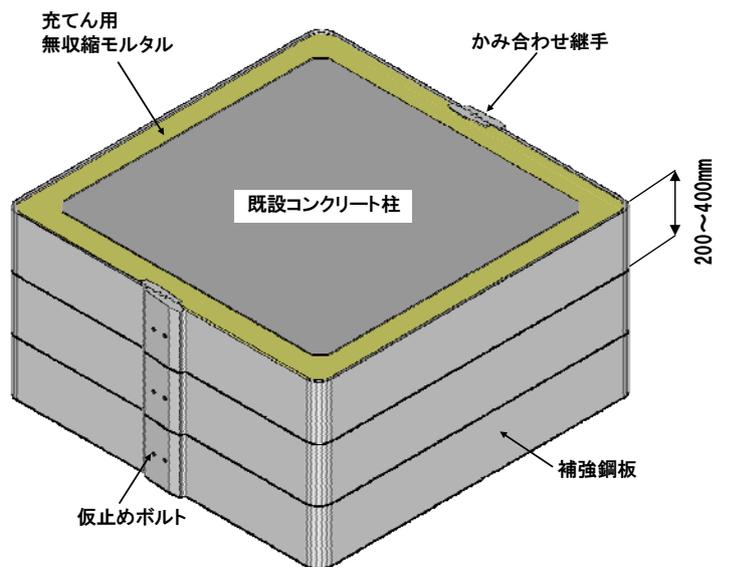


図-7 工法概要図

(3) 補強工事

RC 柱の補強工事の施工フローを図-8 に示す。

補強工は、まず既設柱の外装等を撤去し既設面の下地処理を行った。このとき、既設柱のコンクリートにレイトンスや浮き等の脆弱部がある場合には、ピックやサンダー等で確実に除去した。また、鋼板下端の位置にガイドとなるブラケットを取り付けた。

次に、予め工場で加工・溶融亜鉛めっきを施した「輪切り鋼板」（高さ 200mm～250mm 程度、1 ピース 50kg～60kg）を現地に搬入し、人力により最下段から順番に輪切り鋼板を組み立てた。なお最上段は梁とのクリアランスに合わせて「輪切り鋼板」の高さを 100mm 程度とした。

その後、充填モルタルの漏れ防止のために上下の輪切り鋼板の継目をシールし、プラントで製造した無収縮モルタルを現地に搬入し充填した。使用した無収縮モルタルは補強対象柱の鉄筋防錆効果向上のために亜硝酸リチウムを混入した。使用したモルタルの配合および品質規格値を表-5、表-6 に示す。

最後に、外装復旧等の仕上げを行った。写真-10 に施工状況を示す。

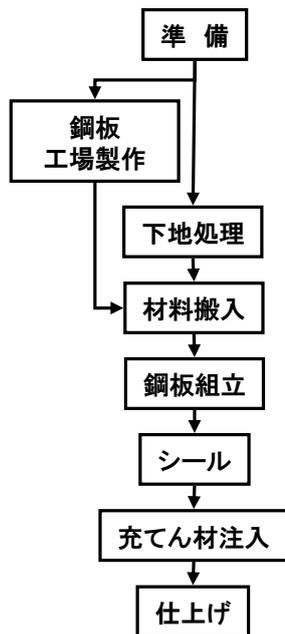


図-8 施工フロー

表-5 無収縮モルタル配合 (単位 kg/m³)

W	C	S	Ad1	Ad2	Ad3
365.2	456.6	456.6	9.13	0.15	1.5
※Ad1 : 高性能 AE 減水剤 Ad2 : 増粘剤 Ad3 : 亜硝酸リチウム (濃度 40%)					

表-6 無収縮モルタル品質規格値

品質規格値
I) 圧縮強度 : $\sigma_{28} \geq 5\text{N/mm}^2$
II) ノンブリージング
III) コンシステンシー : 250mm 以上

下地処理



鋼板下端ブラケット



運搬



組立て (中間段)



組立て (最上段)



鋼板継ぎ目シール



モルタル充填



仕上げ



写真-10 施工状況

5. おわりに

「かみ合わせ鋼板巻立て工法」は現地での溶接を必要としないため、従来では鋼板巻立て工法の適用が難しかった制約条件のある部位においても施工が可能となる。

今回紹介した施工事例が、水中部や狭あい部といった特殊条件下における耐震補強工事の参考になれば幸いである。